

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Karmen Penić**

**POSTUPAK IZRAČUNA SIGURNOSNE ZALIHE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2016.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**POSTUPAK IZRAČUNA SIGURNOSNE ZALIHE**  
**PROCEDURE OF SAFETY STOCK**  
**CALCULATING**

Mentor: prof.dr.sc. Mario Šafran

Studentica: Karmen Penić

JMBAG: 0135233787

Zagreb, kolovoz 2016.

## **SAŽETAK**

U završnom radu prikazano je određivanje sigurnosne zalihe, definirano kao istraživački proces kroz višestruke analize te precizan izračun sigurnosne zalihe u skladu s više postavljenih parametara. Upravo sama sigurnosna zaliha održava konstantu opskrbe proizvodnih i ili trgovinskih aktivnosti.

Uz teorijsku obradu pojma prikazani su i objašnjeni konkretni postupci izračuna sigurnosne zalihe te je na primjeru prikazana objektivnost načina računanja sigurnosne zalihe.

## **KLJUČNE RIJEČI**

Sigurnosna zaliha, opskrbni lanac, optimiranje, modeli

## **SUMMARY**

In the final paper, the determination of safety stocks, defined as the research process through multiple analysis and accurate calculation of safety stocks in accordance with the set up parameters. Safety stock held constant supply of production and trade activities .

With theoretical processing concept there are also presented and explained specific procedures of calculating safety stocks and the example shown objectivity ways of calculating safety stock.

## **KEYWORDS**

Safety stock, supply chain, optimization, models

## Sadržaj

1.	UVOD .....	1
2.	ULOGA ZALIHA U OPSKRBNOM LANCU .....	2
2.1.	Zaliha .....	2
2.2.	Opskrbni lanac .....	5
2.2.1	Faze opskrbnog lanca .....	6
2.2.2	Funkcionalni ciklusi opskrbnog lanca .....	9
3.	VRSTE ZALIHA .....	11
3.1	Zalihe prema vrsti robe .....	12
3.2.	Zalihe prema planiranoj količini .....	13
4.	DEFINIRANJE SIGURNOSNE ZALIHE .....	16
5.	PRISTUPI U ODREĐIVANJU SIGURNOSNE ZALIHE .....	18
5.1.	Stohastički pristup .....	18
5.2.	Deterministički pristup .....	19
5.2.1.	P-model upravljanja sigurnosnim zalihama .....	19
5.2.2.	Q-model upravljanja sigurnosnim zalihama .....	21
6.	PRIMJER IZRAČUNA .....	28
	ZAKLJUČAK .....	37
	POPIS KRATICA .....	38
	LITERATURA .....	39
	POPIS SLIKA .....	40
	POPIS TABLICA .....	40
	POPIS GRAFOVA .....	41

## 1. UVOD

Pojam sigurnosne zalihe definira količinu robe u skladištu koja se drži radi osiguranja od nepredviđenih promjena u potražnji ili ponudi robe.

Postavljaju se u većini suvremenih poslovnica te poboljšavaju razinu kvalitete poslovanja. U određenim slučajevima se mijenjaju ovisno o potražnji. Čimbenici koji ju formiraju uz potražnju su poput vremena dobave, željenoj razini kvalitete usluge, kretanju tržišta te drugi manji čimbenici.

Ostale vrste zaliha mogu biti na istoj razini kao i sigurnosne radi smanjenja broja čimbenika poslovanja odnosno olakšanja istog, te se one određuju prema načinu poslovanja odnosno politici poslovanja kompanije.

Prije je pojam zalihe predstavljao skladištenu robu koja u određenom periodu nije mogla naći kupca. Definirala je isključivo negativan učinak na profitabilnost proizvoda. Danas zaliha isto tako proizvodi trošak, ali njena glavna funkcija je osigurati tržište traženim proizvodom, ne predstavlja neželjenu robu u skladištu.

Završni rad prikazuje opširno definiranje sigurnosne zalihe. Kroz računske zadatke vizualiziran je proces izračuna sigurnosne zalihe primjerima. Uz računske dijelove zadatka vežu se grafovi koji prikazuje kako promjena razine usluge utječe na potrebnu količinu sigurnosne zalihe.

## **2. ULOGA ZALIHA U OPSKRBNOM LANCU**

Zalihe kao zamrznuti oblik novca predstavljaju značajno opterećenje na imovinu poduzeća, ukoliko se istima neučinkovito upravlja. Pravovremena i pravovaljana poslovna odluka u upravljanju zalihama omogućava smanjenje troškova održavanja zaliha, povećava pokretljivost i obrtanje novca i plasman istog u druge izvore. Unutar opskrbnog lanca egzistiraju zbog razlika između ponude i potražnje. Tako unutar opskrbnog lanca istodobno na različitim razinama kod dobavljača, proizvođača, distributera i prodavatelja postoje i različite vrste zaliha: zalihe sirovina i materijala, zalihe poluproizvoda, zalihe dijelova, zalihe gotovih proizvoda, zalihe trgovinske robe.

### **2.1. Zaliha**

Pojam zalihe definira količinu robe (materijal, proizvodi, poluproizvodi, gotovi proizvodi) koja je akumulirana radi opskrbe proizvodne ili osobne potrošnje. Potrebna količina zaliha na skladištu ovisi o raznim parametrima: opsegu proizvodnje; dogovorenoj isporuci kupcima, broju skladišta u distribucijskoj mreži, uvjetima skladištenja i stručnosti osoblja, uvjetima transporta, uvjetima na domaćem i stranom tržištu, učestalosti naručivanja i karakteristikama uskladištene robe. Primaran posao je osigurati pravovremeni protok informacija, predviđanja i planovi o količini proizvodnje ili prodaje robe kupcima.

Troškovi držanja zaliha dijele se na 3 vrste troškova:

- troškovi kupovine (ili proizvodnje) – odnose se na nabavnu cijenu ili cijenu proizvodnje određene količine predmeta rada
- troškovi naručivanja – troškovi naručivanja, prijevoza i preuzimanja zaliha
- troškovi čuvanja zaliha – držanje predmeta rada na zalihama tijekom određenog vremenskog razdoblja (obračunava se u % od vrijednosti uskladištene robe)

Količina zaliha ovisi o broju skladišta u distribucijskoj mreži.

Kod češćeg naručivanja robe razina zaliha u skladištu je niža, time se troškovi skladištenja smanjuju i manji su izdatci na kamate na angažirana financijska sredstva uložena u zalihe.

Najvažniji razlozi, koji uvjetuju potrebu održavanja zaliha su sljedeći:

1. Da bi tvrtka osigurala dostupnost robe u slučaju neplaniranih zahtijeva kupaca. Neplanirani nedostatak materijala može dovesti do gubitka kupca, odnosno profita. Iako je zahtjev kupca uvijek teško predvidjeti, ovaj problem postaje sve izraženiji u novije vrijeme. Razlozi za to su sljedeći:
  - broj proizvoda kao i njihovih varijanti postaje sve veći, a njihov životni vijek na tržištu sve kraći. To znači da je za ovakvu robu nedostupna ili su oskudne informacije o dosadašnjim zahtjevima tržišta
  - u vremenu sve veće globalizacije raste broj konkurentskih proizvoda. Relativno je jednostavno predvidjeti potražnju za određenom vrstom proizvoda, odnosno za ukupnim brojem proizvoda u istoj grupi proizvoda. Međutim, jako je teško predvidjeti zahtjev za pojedinim proizvodom iz te grupe. Na primjer mnogo je lakše procijeniti ukupnu godišnju potražnju europskog tržišta u luksuznoj klasi automobila, nego predvidjeti tržišni uspjeh novog modela iz te klase koji dolazi na tržište
2. Nepouzdana dobava i isporuka robe. Ovdje su uključena moguća kašnjenja ili nedostatak robe kod dobavljača, odnosno njena nestalna kvaliteta i cijena
3. Povoljnije cijene transporta za veće količine robe (jasno je da to za posljedicu ima porast zaliha) [1]

Zalihe su dio aktivnog djela poduzeća. Cilj upravljanja zalihama je ostvariti minimalne troškove vezane za čuvanje zaliha i maksimalno zadovoljstvo kupaca. Problem se javlja kada je zaliha premalo ili previše, zbog toga što svojim nedostatkom ili predugim zadržavanjem u skladištu stvaraju dodatne troškove. Bitno

je da cijeli sustav bude zaokružena cjelina što je omogućeno preko korištenja suvremene informacijske tehnologije.

Kako bi se što učinkovitije upravljalo zalihama i njihovim razinama potrebno je primijeniti:

- suvremene metode planiranja i razvitka sustava isporuke “točno na vrijeme” (*Just in time*)
- kompjuterske tehnike, komunikacijske veze i informacijske tehnologije
- metode prognoziranja i planiranja ponude i potražnje na tržištu
- edukaciju svih zaposlenih o potrebi držanja što nižih zaliha
- brzinu kretanja transportnih sredstava, roba i ljudi kroz logistički sustav
- kamatnu stopu za financiranje zaliha

Kako bi zaliha što manje odstupala od potražnje formira se prema sustavu planiranja i kontrole zaliha:

1. Tradicionalni sustav
2. Planiranje i kontrola zaliha na temelju uvjeta na tržištu
3. Proizvodnja bez zaliha (*Just in time*)
  - tehnike:
    - a) kontinuirano popunjavanje - svaki put nakon pada zaliha na unaprijed utvrđenu razinu vrši se nova nabavka određene fiksne količine robe
    - b) periodično popunjavanje - popuna zaliha vrši se u točno određenim vremenskim intervalima

Planiranjem i kontrolom zaliha na temelju uvjeta na tržištu unaprijed je poznat plan proizvodnje/prodaje i određeni su normativi utroška materijala za svaki proizvod:

- a) MRP (*Materials requirement planing*) - ovisno o količini proizvoda koji se planira proizvesti ili prodati u određenom razdoblju planira se količina i vrsta predmeta rada [2]
- b) DRP (*Distribution requirements planing*) - planiranje i kontrola zaliha u distribuciji temelji se na prognoziranju potražnje [3]



## 2.2. Opskrbni lanac

Pojavljuje se 1980.-ih u SAD-u kao rezultat primjene računala u organizaciji poslovanja i njihova umrežavanja. Najčešće se pojam opskrbnog lanca odnosi na praćenje procesa nabave od svih prethodnika u kanalu distribucije da bi se moglo ocijeniti kako zahtjevi potrošača utječu na kretanje zaliha proizvoda preko niza uključenih posrednika [4].

Od svih se traži zajedničko rješavanje problema na razini partnerstva kako bi se održala stabilnost takvog neformalnog sustava na duži rok [5].

Opskrbi lanac svojom strukturom formira mrežu kojom u potpunosti omogućuje ispunjavanje potrebe kupaca (potrošača), ostvarujući preko toga komercijalnu dobit. Sustav za upravljanje opskrbnim lancem pokriva širi spektar aktivnosti i podrazumijeva svaki fizički ulaz i kretanje unutar procesa. [6].

Informacije, koje nisu fizički opipljive, predviđaju potražnje, planove buduće potražnje, upite, ponude, ugovore, narudžbe, izvješća o isporuci i izvješća o plaćanju.

Roba, ima jasno formiranu fizičku strukturu. Definira materijale i sirovine, poluproizvode i gotove proizvode. Usluga jednako kao i informacija nema fizičku građu. Obuhvaća poslove prijevoza i osiguranja te zbrinjavanje otpada.

Sustav opskrbnog lanca obuhvaća međudjelovanje uključenih subjekata, kao što su: kupci, dobavljači sirovina i repromaterijala, proizvođači finalnih proizvoda, distributeri (veletrgovci), maloprodajni trgovci, logistički operateri i prijevoznici.

To se međudjelovanje očituje u odvijanju tokova roba, informacija i financijskih sredstava između i unutar četiri faze opskrbnog lanca:

- nabava
- proizvodnja
- distribucija potrošnja

- potrošnja [7]



**Slika 1.** Faze opskrbnog lanca, [8]

Procesi i tokovi koje se odvijaju u sustavu opskrbnog lanca, mogu se svrstati u niz od slijedeća četiri funkcionalna ciklusa :

- ciklus prodaje
- ciklus zaliha
- ciklus proizvoda
- ciklus materijala [9]

Cilj je stvoriti što veću vrijednost (maksimiziranu) tijekom kretanja proizvoda od proizvođača do krajnjeg kupca ili potrošača.

### **2.2.1 Faze opskrbnog lanca**

Svaki opskrbeni lanac dok vrši svoju funkciju prolazi kroz četiri različite faze.

Prva faza svakog opskrbnog lanca je nabava. Nabava je nabavljanje materijala ili usluga, odgovarajuće kvalitete iz odgovarajućeg izvora, na odgovarajuće mjesto uz odgovarajuću cijenu te pravovremenu dostavu. U praksi uz pojam nabave vežu se pojmovi dobava i opskrba koji se koriste kao njezine istoznačnice što i nije u potpunosti ispravno. Dok nabava u užem smislu definira kupovinu i nabavljanje robe, dobava obuhvaća nešto šire područje; osim kupovanja podrazumijeva, posudbu, unajmljivanje, a u neetičkim uvjetima i krađu potrebnih roba i usluga. Uži pojam od nabave i dobave je opskrba koja svojom definicijom obuhvaća dopremu

odgovarajuće robe (usluge) na odgovarajuće mjesto u dogovorenom vremenu. Svrha nabave je osigurati dovoljnu količinu proizvoda i usluga radi njihove daljnje prodaje ili radi olakšanja njihove prodaje na industrijskom ili potrošačkom tržištu. Pouzdan dobavljač unutar faze nabave predstavlja dobro razrađen strateški plan nabavne funkcije kojemu je cilj racionalizacija pošiljki, te njihovo distribuiranje u dogovorenom vremenskom razdoblju.

Nakon prve faze, faze nabave, opskrbni lanac prolazi kroz drugu fazu, fazu proizvodnje. Ova faza ima za ulogu od prikupljenih materijala/ informacija iz prve faze načiniti produkt koji će kasnije bit distribuiran do krajnjeg potrošača. U fazu proizvodnje uključujemo proizvođače gotovih proizvoda. Cilj joj je stvoriti proizvod kroz jedan ili više proces koji će uspješno pronaći kupca. Proizvodnja se može odvijati u manjim radionicama, velikim tvrtkama te u privatnim domovima. Kroz ovu fazu teži se "Točno na vrijeme" (*JIT - Just in time*) proizvodnji; eliminaciji svega nebitnoga. Pojam koji predstavlja strategiju smanjenja troškova u proizvodnji, gdje se proračunom postiže kraće vrijeme skladištenja dijelova, repromaterijala odnosno sirovina ili samo izbjegavanje skladištenja, te stavljanje istih u najkraćem roku u proizvodni proces. Prema tome dobiva se na skraćenju vremena izrade pojedinih dijelova proizvodnje, sinkroniziranju procesa rada, faza proizvodnog procesa, balansiranju kapaciteta. Nakon što je proizvod proizveden prosljeđuje se na prodaju. Nema prethodnog skladištenja koje povećava krajnju cijenu.

JIT možemo naći pod terminima "Nulte zalihe", "Proizvodnja bez zaliha", "Lean proizvodnja", "Japanska proizvodnja", "Toyota sistem", "World-class" proizvodnja ili "Ujednačeni tok proizvodnje". Pomoću JIT sustava koriste se materijali, dijelovi i sklopovi samo u potrebnoj količini s najmanjim mogućim vremenom protoka. Također se nastoji eliminirati potreba dvostruke kontrole kvalitete i to kod proizvođača i prilikom eliminiranja pošiljki kod kupca. Takav proizvodni proces podrazumijeva da svaki zaposlenik mora provjeriti posao koji je obavljen u koraku ispred, jer to je ujedno preduvjet da svoj posao obavi dobro [10].

Da bi JIT metoda bila uspješna moraju biti ispunjeni mnogobrojni zahtjevi:

1. Kvaliteta dijelova mora biti visoka – manjkavi dijelovi mogu zaustaviti montažnu liniju
2. Bez ili sa minimalnim zalihama
3. Mora postojati pouzdana povezanost i čvrsta kooperacija s dobavljačima
4. Idealno bi bilo kad bi dobavljači bili locirani u blizini kompanije, uz dostupan pouzdan transport
5. Veličina proizvodnje ovisi o potražnji
6. Traži se timski rad, a zaposlenici su odgovorni za održavanje svoje opreme
7. Zadovoljstvo kupaca [11]

Uspješna faza proizvodnje opskrbeni lanac zatim provodi kroz fazu distribucije.

Distribucija podrazumijeva kretanje proizvoda od proizvođača do konačnog kupca [12].

Sustav distribucije jest ukupnost svih gospodarskih jedinica koje su povezane s distribucijom i koje sudjeluju u tokovima realnih dobara, nominalnih dobara i informacija.

Cilj joj je poduzeti sve radnje da se naručena roba dostavi kupcu:

- u odgovarajućoj kvaliteti
- na pravo mjesto
- uz dogovoreni rok isporuke
- što ekonomičnije [13]

Zadnja faza u kojoj opskrbeni lanac završava je faza potrošnje. Potrošnja kao izraz definira pojam koji označava uporabu prirodnih i proizvedenih dobara i usluga radi zadovoljavanja osobnih i kolektivnih potreba. Čovjeku je za život potreban velik broj različitih dobara i usluga; što je stupanj razvoja i civilizacije viši, to su njihova količina i raznovrsnost veće. Potrošnja je krajnja svrha opskrbnog lanca jer i proizvodnja i distribucija izravno ili neizravno služe potrošnji. Ipak, treba razlikovati

neproizvodnu (pravu) od proizvodne potrošnje. Proizvodna potrošnja element je proizvodnje u obliku trošenja proizvodnih sredstava (sirovina, energije, strojeva) radi proizvodnje te se nadoknađuje iz vrijednosti proizvoda, a učinak je neproizvodne potrošnje održavanje života, uroda i zadovoljstvo. Zato proizvodnja uvijek određuje granice potrošnje, ne samo veličinom ukupnoga proizvoda nego i odbitkom onoga dijela proizvoda koji služi održavanju proizvodnog aparata nadoknađujući njegov istrošeni dio te tako održavajući kontinuitet proizvodnje. U strukturi ukupnoga proizvoda, s većom kapitalizacijom proizvodnih procesa udio potrošnje postaje sve manji [14].

### **2.2.2 Funkcionalni ciklusi opskrbnog lanca**

Kroz opskrbni lanac protežu se četiri funkcionalna opskrba lanca: ciklus prodaje, ciklus zaliha, ciklus proizvoda i ciklus materijala.

Ciklus prodaje predstavlja sučelje faze potrošnje i faze distribucije, odvija se na relaciji prodajno mjesto – potrošač (kupac). Svojim djelovanjem obuhvaća procese koji su izravno povezani s primanjem i ispunjavanjem zahtjeva potrošača. Ovaj ciklus inicijalizira kupac, dolaskom na prodajno mjesto ili slanjem upita, zavisno o vrsti robe i tehnologiji distribucije [7].

Ciklus zaliha odvija se unutar faze distribucije. Predstavlja interakcije između prodajnog mjesta i distributera. Ovaj ciklus inicijalizira prodajno mjesto u cilju zadovoljenja očekivane buduće potražnje, kada mu stanje zaliha padne do određene minimalne količine (sigurnosna zaliha). Ciklus završava kada prodajno mjesto preuzme robu naručenu od distributera. Odvijanje ciklusa zaliha u osnovi se ne razlikuje od ciklusa prodaje, s tim što ulogu kupca ovdje ima prodajno mjesto. Obuhvaća procese koji su izravno povezani s nadopunjavanjem zaliha prodajnog mjesta [9].

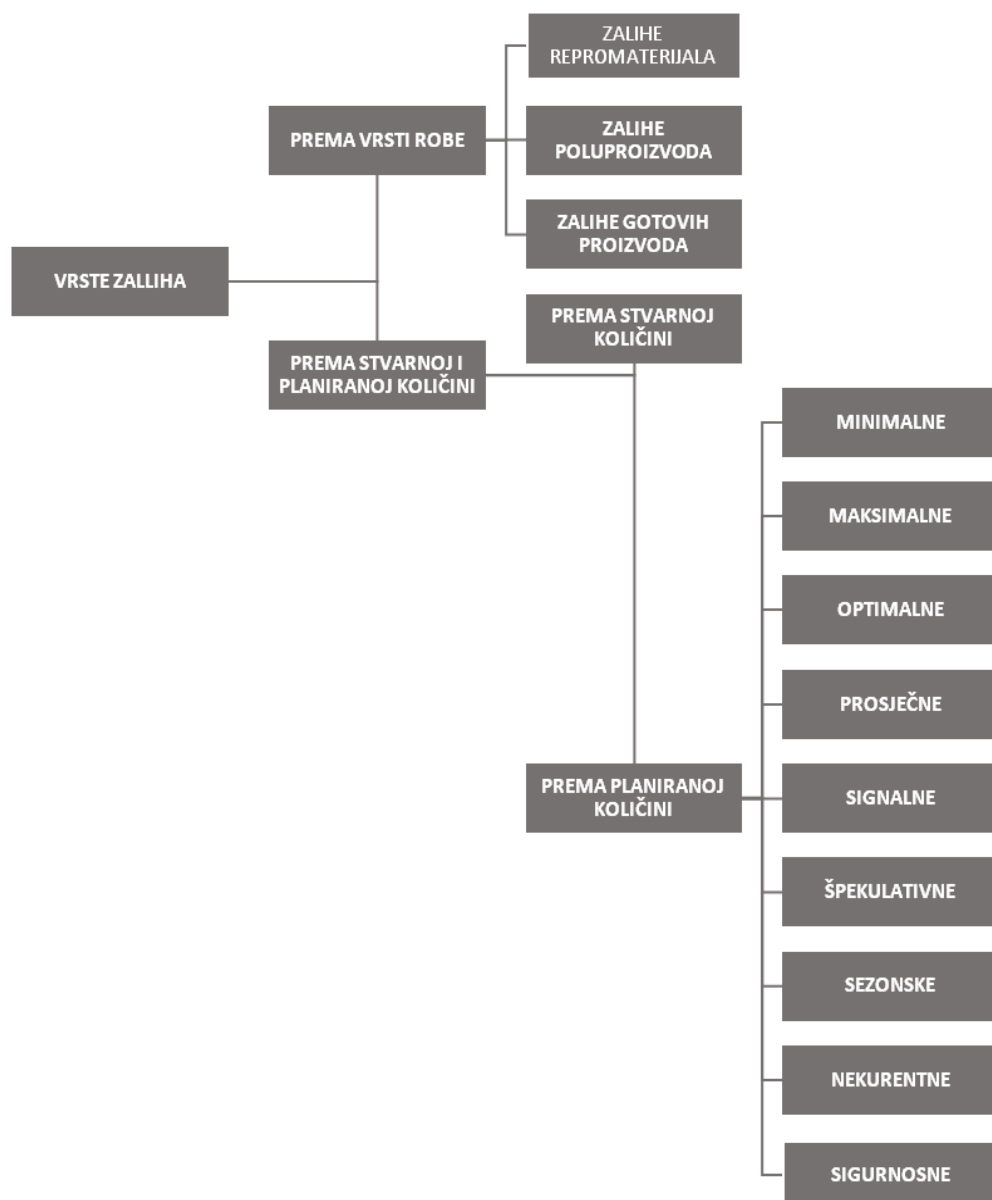
Ciklus proizvoda predstavlja sučelje faze distribucije i faze proizvodnje, a odvija se na relaciji distributer – proizvođač, odnosno prodajno mjesto – proizvođač

ako se radi o proizvodu proizvodnju čiji opskrbni opskrbni lanac ne uključuje distributera. Ovaj ciklus neposredno inicijalizira distributer (prodajno mjesto) ali može biti inicijaliziran i od samog proizvođača, u očekivanju narudžbi ili kada zaliha njegovog skladišta gotovih proizvoda padne ispod određene razine. Ciklus završava kada distributer preuzme predmet narudžbe. Obuhvaća procese koji su izravno povezani sa zadovoljavanjem potreba distributera, održavanja (nadopunjavanja) zaliha [9].

Ciklus materijala predstavlja sučelje faze proizvodnje i faze nabave, uključuje sve procese koji se odvijaju na relaciji proizvođač – dobavljač radi opskrbe proizvodnih pogona neophodnim sirovinama i repromaterijalom. Ciklus započinje kada proizvođač pošalje svoju narudžbu dobavljaču ili kada dobavljačeva zaliha gotove robe padne ispod određene minimalne razine, a završava kada proizvođač preuzme naručenu robu. Proces i ovog ciklusa u osnovi se ne razlikuju od procesa ciklusa proizvoda, razlika je u tomu što se određeni stupanj neizvjesnosti potražnje prenosi kroz strukturu opskrbnog lanca do samog proizvođača, dok se njegove narudžbe sirovina i repromaterijala prema dobavljačima mogu unaprijed odrediti i terminski rasporediti prema planu i rasporedu proizvodnje [9].

### 3. VRSTE ZALIHA

Zalihe se prema vrsti dijela na zalihe prema vrsti robe te na zalihe prema stvarnoj i planiranoj količini. Svaka podjela definira svojstva pojma prema funkciji.



## **Slika 2. Vrste zaliha**

### **3.1 Zalihe prema vrsti robe**

Zalihe repromaterijala predstavljaju jednu od najvažnijih vrsta zaliha. Kako predstavljaju osnovu za proizvodnju, potrebno ih je imati u dovoljnim količinama, odgovarajuće kvalitete i asortimana, da bi se proces proizvodnje odvijao neprekidno. Količine pojedinih stavki ove vrste zalihe se određuju na osnovu plana proizvodnje, odnosno, na osnovu proizvoda koji su planirani da budu proizvedeni u narednom vremenskom periodu. Proizvodni procesi koji imaju stabilan, praktično ne promjenjiv proizvodni plan (na primjer: pekara, mljekara, rafinerija nafte) mogu napraviti isto tako stabilan i nepromjenjiv plan nabavke repromaterijala koji će zadovoljavati zahtjeve proizvodnje (masovna ili velikoserijska proizvodnja). Međutim, proizvodni procesi koji se mnogo mijenjaju (po pitanju asortiman) imaju problem sa planiranjem zaliha repromaterijala za proizvode koji se stalno mijenjaju ili unaprjeđuju (maloserijska ili pojedinačna proizvodnja - tipični primjeri mogu biti proizvodnja specijalnih vozila, na primjer vatrogasna vozila ili brodogradilište) [11].

Poluproizvodi mogu nastati iz dva izvora: vlastitom proizvodnjom ili nabavkom od kooperanata- dobavljača. Zalihe poluproizvoda nastaju vlastitom proizvodnjom kada nije moguće organizirati proizvodnju tako da se izrađeni poluproizvodi odmah šalju na slijedeću operaciju gdje se ugrađuju u sklop višeg nivoa. Tada se proizvodnja organizira tako da se prvo izrade poluproizvodi nižeg nivoa koji se odlažu u skladište poluproizvoda, a kada se ukaže potreba za tim poluproizvodima, oni se uzimaju iz skladišta i ugrađuju u sklopove višeg nivoa. U slučaju da se poluproizvodi nabavljaju od dobavljača tada nije moguće organizirati kontinuirani priljev proizvoda onom dinamikom koja je potrebna proizvodnji, već se nabavljaju veće količine koje se zatim odlažu u skladište i uzimaju kada je to proizvodnji potrebno. Pored proizvodnje, zalihe poluproizvoda su potrebne za održavanje vlastitog proizvoda, kada on ode kod korisnika- kupca. Tada je potrebno osigurati zalihe poluproizvoda i cjelokupnu servisnu mrežu i vlastitu radionicu za popravak. Praksa je nametnula rješenje da servisna mreža otklanja jednostavnije kvarove, dok radionica za servisiranje koja se nalazi uz proizvodne pogone otklanja sve kvarove koje je moguće otkloniti (ako nije



moguće otkloniti kvara, a proizvod je pod garancijom, vrši se zamjena proizvoda novim). Na osnovu ove raspodjele obujma održavanja u servisima, definiraju se i potrebni rezervni dijelovi, što dalje određuje plan nabavke određenih poluproizvoda. Zalihe poluproizvoda, odnosno rezervni dijelova za vlastiti proizvod, nužno je održavati i nakon prestanka proizvodnje osnovnog proizvoda. Ovo je u nekim granama i zakonski regulirano, tako da autoindustrija, nakon prestanka proizvodnje određenog modela, mora još sedam godina proizvoditi rezervne dijelove za navedeni model [11].

Postoje dva osnovna razloga za formiranje zaliha gotovih proizvoda. Jedan je da nije ekonomično plasirati na tržište proizvode onom dinamikom kako izlaze iz proizvodnje, što zbog neusklađenost kapaciteta transporta i mogućnosti proizvodnog procesa, što zbog periodične proizvodnje određenog proizvoda. Zalihe gotovih proizvoda je nužno posjedovati, da bi u svakom trenutku bilo moguće odgovoriti na zahtjeve kupaca. Ukoliko potencijalni kupac zatraži određeni proizvod, koji se nalazi na zalihama i nije ga moguće proizvesti u tom trenutku pošto bi se prekidao proizvodni proces nekog drugog proizvoda, tada će se kupac odlučiti za konkurentski proizvod, što za posljedicu ima gubljenje zarade i udjela na tržištu [11].

### 3.2. Zalihe prema planiranoj količini

Minimalne zalihe su najmanja količina robe potrebna da se pravovremeno zadovolje obveze poduzeća po količini i asortimanu.

Može se odrediti uz pomoć zadanog izraza:

$$Z_{min} = Q_{dn} * V_{na} \quad (1)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

$Z_{min}$  - minimalna zaliha

$Q_{dn}$  - potrebna dnevna količina koji diktira potražnja

$V_{na}$  - vrijeme nabave

Maksimalne zalihe predstavljaju gornju granicu količine robe u skladištu iznad koje se ne smije u određenom razdoblju nabavljati roba

Izraziti se može kroz jednadžbu:

$$Z_{max} = \frac{\text{vrijednost najveće planirane prodaje}}{\text{broj dana razdoblja za koje se traži maksimalna zaliha}} \cdot \text{norma dani} \quad (2)$$

Optimalne zalihe definiraju količinu robe koja osigurava redovnu i potpunu opskrbu proizvodnje ili kupaca uz minimalne troškove skladištenja i naručivanja robe:

$$Z_{opt.} = (P + R1) \times (V + R2) \quad (3)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

- normativ optimalne zalihe gotovih proizvoda izražen u vrijednosti
- dnevna ili mjesečna planska prodaja gotovih proizvoda izražene u količini ili vrijednosti (planska cijena koštanja)

**R1** - rezerva kojom se na temelju procjene povećava dnevna ili mjesečna planska prodaja gotovih proizvoda uslijed podbačaja plana proizvodnje te povećanog škarta ili loma gotovih proizvoda

**V** - normirani broj dana ili mjeseci između vremena naručivanja i isporuke

**R2** - rezerva kojom se na temelju procjene povećava normirani broj dana ili mjeseci zbog izuzetnih teškoća u isporuci, odnosno otpremi robe [15]

Prosječne zalihe vizualiziraju prosjek stanja zaliha robe tijekom određenog vremenskog razdoblja [1]:

$$Z_{prosj} = \frac{\text{početno stanje} + \text{konačno stanje}}{2} \quad (4)$$

Signalna zaliha je količina zalihe kod koje treba započeti proces nabavljanja kako bi se zalihe pravovremeno nadopunile tako da tijekom perioda nabavljanja ne moramo pribjeći uporabi sigurnosnih zaliha . Utvrđuje se na temelju informacija o potrošnji u planskom razdoblju te o rokovima isporuke dobavljača (o dužini perioda nabavljanja) [1].

Špekulativne zalihe predstavljaju količinu robe u skladištu sakupljene s ciljem prodaje kada se cijene znatnije povećaju.

Sezonske zalihe upućuju na količinu robe sakupljene tijekom godine namijenjene zadovoljenju povećane potražnje u sezoni.

Nekurentne zalihe definiraju robu u skladištu koja se zbog zastarjelosti, gubitka svojstava i demodiranosti ne može prodati ili može uz sniženje cijena [1].

Sigurnosne zalihe služe za pokrivanje potreba samo u slučajevima kada dođe do veće potrošnje predmeta rada nego što je planirano, zatim u slučajevima kašnjenja isporuka ili isporuka na krivom mjestu ili isporuka pogrešnog materijala ili ako je zbog gubitaka i krađa stvarna zaliha manja nego što pokazuju podaci u evidenciji. Cilj joj je zaštititi tržište/potražnju od rizika i iznenađenja. U nadolazećem dijelu završnog rada slijedi opširnija razrada pojma sigurnosne zalihe i njezinog definiranja [16].

#### 4. DEFINIRANJE SIGURNOSNE ZALIHE

Uobičajena količina zaliha određuje se statističkim metodama koje se baziraju na povijesnim podacima kako bi predvidjeli budućnost, te pretpostavljaju kako neće biti promjena okolnosti tijekom nadolazećeg perioda. Sigurnosna zaliha se prvenstveno definiraju kako bi se pokrile nasumične promjene u potražnji, te također da se pokriju ostale situacije poput:

- prekida opskrbe
- manjka proizvodnje
- prekida transporta
- spore, nepouzdana ili netočne informacije
- te ostali izvori prekida usluga

Nepredvidljiva potražnja zahtjeva količinu sigurnosne zalihe kako bi se pokrili nedostaci. Koristeći normalnu distribuciju, nepredvidljiva potražnja se može predvidjeti ili barem uzeti u obzir.

Povećanjem razine usluge (zbog neizvjesnosti potražnje) povećava se razina sigurnosne zalihe. Razina usluge može se promatrati na dva načina ta samim time postoje dva tipa definiranja razine usluge:

- razina usluge na bazi ciklusa zaliha – vjerojatnost ne nastanka nedostatka zaliha tijekom ciklusa zaliha, primjenjuje se kada vjerojatnost signalizira nedostatak zaliha, a ne njena veličina, važna za tvrtku (proizvodnja)
- razina usluge po jedinici - postotak potražnje koji je ispunjen bez kašnjenja, primjenjuje se kada postotak nezadovoljene potražnje treba biti pod kontrolom

U većini slučajeva kratkoročna potražnja je varijabilna dok se za dugoročnu pretpostavlja da je konstantna. Zbog toga nedostatak zaliha može neočekivano nastupiti tijekom vremena isporuke u svakom ciklusu. Nedostatak zaliha događa se samo onda kada je potražnja tijekom vremena isporuke veća od količine pri kojoj se radi nova narudžba (točke ponovne nabave).

Povećanjem razine usluge (zbog neizvjesnosti potražnje) povećava se razina sigurnosne zalihe [1].

## 5. PRISTUPI U ODREĐIVANJU SIGURNOSNE ZALIHE

Postoje različite vrste zaliha i shodno tome različiti pristupi u utvrđivanju potrebnog nivoa zalihe. Svaki od postupaka primjenjiv je na svaku od vrsta zaliha. U nastavku slijedi teorija pristupa određivanja sigurnosne zalihe koja je podloga za sljedeće poglavlje izračuna.

### 5.1. Stohastički pristup

Jedan od osnovnih pristupa utvrđivanja razine zaliha je stohastički. On se uglavnom primjenjuje za utvrđivanje potreba za zalihama repromaterijala i poluproizvoda. Potrebno je raspolagati potrebama za zalihama koje su se javile u prethodnom vremenskom periodu, o planiranoj / ostvarenoj proizvodnji u tom periodu te o planiranoj proizvodnji u narednom periodu [18].

Iz prethodno navedenog proizlazi matematički izraz:

$$Q = \frac{Q_{z0}}{Q_{p0}} Q_{p1} \quad (5)$$

gdje je:

$Q$  – potrebna količina nabave određene stavke

$Q_{p0}$  – planirana količina krajnjeg proizvoda u prethodnom periodu

$Q_{z0}$  – količina utrošenih zaliha u prethodnom periodu

$Q_{p1}$  – planirana količina krajnjeg proizvoda u narednom periodu

Ovaj pristup s tri poznate vrijednosti daje potreban nivo željene zalihe. Jednostavnost, a samim time i brzina izračuna su njegova prednost. Nedostatak je što se greške iz prethodnog perioda preslikavaju i u naredni period pa njezino akumuliranje može dovesti do neiskoristivih podataka.

Iz prethodnog matematičkog izraza vidljivo je da nikakvi troškovi nisu uzeti u obzir pa samim time nije moguće vršiti procjenu troškova što omogućuje, promjenom plana nabave, ostvarenje ušteda.

Navedeni pristup je karakterističan za monopolistička poduzeća u kojima nije neophodna nabava i proizvodnja s najnižim mogućim troškovima.

Potrebno je naglasiti da je za slučaj sigurnosne zalihe potpuno pogrešno koristiti ovaj pristup [19]. U ovom radu je naveden samo kao pristup koji se, kontra uvodnom dijelu ovog poglavlja, ne bi trebao koristiti za izračun sigurnosne zalihe koja je glavna tema ovog rada.

## **5.2. Deterministički pristup**

Deterministički pristup upravljanje zalihama razvijali su se u dva osnovna pravca, u klasični i dinamički pristup.

Dinamički pristup neće biti detaljnije razrađivan u ovom radu.

Klasični pristup upravljanja zaliha zasniva se na vrijednosti ekonomske količine nabave koju je moguće dobiti određivanjem vrijednosti koja predstavlja optimum po pitanju dva kontradiktorna zahtjeva:

- što veća količina nabavke jer ona znači nižu cijenu po jedinici nabavljene robe, kao i niže troškove transporta
- što manja količina nabave jer ona znači manja novčana sredstva potrebna za realizaciju nabave kao i niže troškove skladištenja.

Klasični pristup se uglavnom oslanja na Andlerovu formulu koja je u upotrebi još od 1929. godine. Tokom vremena razvijao se u dva smjera:

- periodični sustav nadzora zaliha (*engl. periodic system, fixed-order interval system, P-model*) i
- kontinuirani sustav nadzora razine zaliha (*engl. economic order quantity, EOQ, Q-model*).

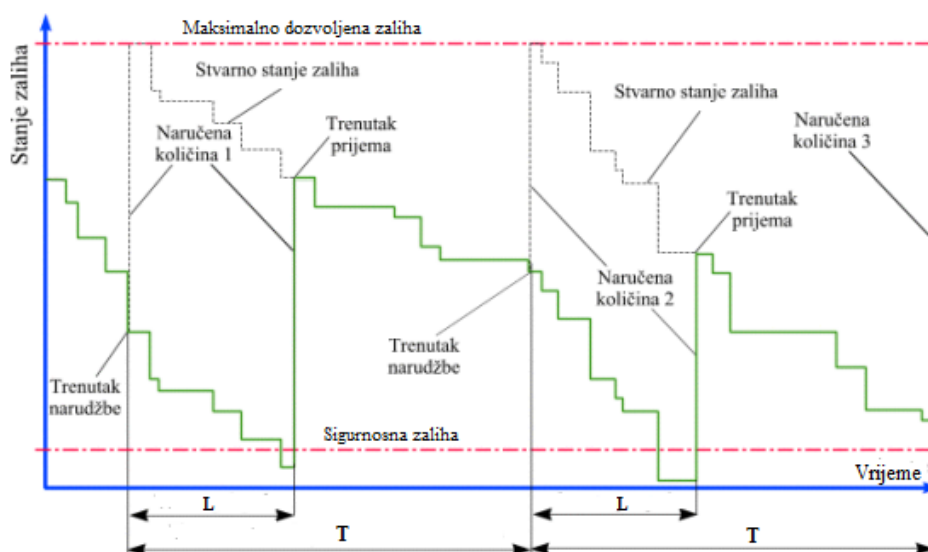
Modeli upravljanja zalihama stvoreni su kako bi osigurali dostupnost naručene robe kroz određeni period, najčešće godinu.

### **5.2.1. P-model upravljanja sigurnosnim zalihama**

Kod periodičnog sustava nadzora zaliha, stanje zaliha se provjerava u unaprijed određenom vremenskom razmaku, na primjer jednom tjedno ili točno određeni dan svaki mjesec. Provjeravanje količina zaliha i periodično naručivanje primjenjivo je kada prodavač ima rutinske narudžbe od kupaca, najčešće jednako vremenski

raspodijeljene ili u slučaju naručivanja kompletne linije proizvoda, te kod slučaja kada kupac želi kombinirati narudžbe u cilju smanjenja transportnih troškova [20].

U slučaju P-modela nije potrebno dnevno nadgledati zalihe, ne mora se voditi evidencija o zaliham a svaki put kad se nešto uzme sa skladišta. Stanje zaliha utvrdit će se kada dođe trenutak T, prebroji se stanje zaliha, te naruči količina koja nedostaje do ciljne količine zaliha koja uvijek može biti različita kao što je prikazano na slici 3.



**Slika 3.** P-model - Kretanje zaliha, [11]

Taj je sustav upravljanja zaliham a jednostavniji, ali primjenjiv većinom samo za jeftinije proizvode jer se kod skupih proizvoda ne želi izgubiti podatak o stanju zaliha. Problem kod periodičnog modela je što nema količinskog signala za potrebu naručivanja pa se može dogoditi da unutar perioda T netko povuče veću količinu sa skladišta i dođe do nestašica. Zbog toga se u tom modelu obično drže veće sigurnosne zalihe koje štite zalihe tijekom perioda narudžbi i tijekom perioda isporuke novo naručene količine robe.

Korištenjem periodičnog sustav nadzora sa sigurnosnom zalihom, nova se narudžba kreira kod doseg a trenutka T, a sigurnosna zaliha mora biti naručena po izrazu

$$SS = z * \sigma * \sqrt{dL}, \quad dL = L + T$$

(6)



gdje oznake imaju sljedeće značenje:

$z$  -vrijednost parametra „ $z$ ” normalne distribucije za ciljanu razinu usluge (očitanja vrijednost iz tablice prema vjerojatnost da tijekom vremena isporuke neće biti nedostatka zaliha)

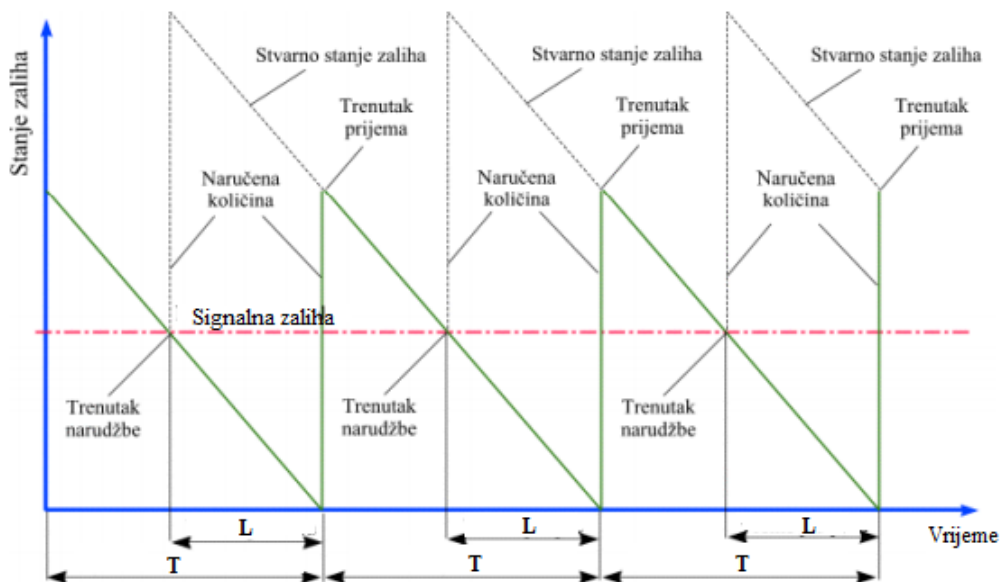
$\sigma$  – standardna devijacija potražnje tijekom isporuke

$dL$  – potražnja tijekom vremena isporuke [17]

Bitno je naglasiti da je u slučaju P-modela  $dL$  jednako vremenu isporuke za već naručeno ( $L$ ) uvećano za vrijeme do sljedeće narudžbe zaliha ( $T$ ).

### 5.2.2. Q-model upravljanja sigurnosnim zalihama

Za kontinuirani sustav nadzora ili Q-model karakteristično je da se razina zaliha vrši kontinuirano. Točka ponovne narudžbe  $R$  uvijek je određen broj jedinica. Pozicija zaliha definira se kao zbroj trenutne zalihe i narudžbe u dolasku umanjena za vrijednost prodaje.



Slika 4. Q-model – kretanje zaliha, [11]

Profil zaliha kod ovog sustava nadzora prikazan je slikom 4. Ovakav model nije realan, ali predstavlja polazište te se koristi kao jednostavan primjer. U primjeru su navedeni sljedeće vrijednosti:

- potražnja za proizvodom je konstantna kroz cijeli period
- vrijeme isporuke je konstantno
- jedinična cijena proizvodna je nepromjenjiva
- trošak držanja zaliha baziran je na srednjoj vrijednosti zaliha
- trošak naručivanja je nepromjenjiv
- sva potražnja za proizvodom biti će ispunjena [21]

Prilikom konstruiranja modela upravljanja zalihama, prvi je korak razvoj funkcionalne povezanosti između promjenama u interesu za određeni proizvod te mjerama efektivnosti. Budući da ono ovisi o troškovima, izraz ukupnog troška glasi:

$$TC(Q) = \frac{Q}{2}C_h + \frac{D}{Q}C_o + DC \quad (7)$$

*Ukupni godišnji trošak = Trošak držanja zaliha + Trošak naručivanja + Trošak kupovine*

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

$TC$  - ukupni godišnji trošak

$D$  - godišnja potražnja

$C$  - jedinična cijena proizvoda

$C_h$  - godišnji trošak držanja robe na zalihama

$C_o$  - jedinični trošak nabave

$Q$  - ekonomska količina nabave

a izraz za ukupni godišnji varijabilni trošak:

$$TV(Q) = \frac{Q}{2}C_h + \frac{D}{Q}C_o \quad (8)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

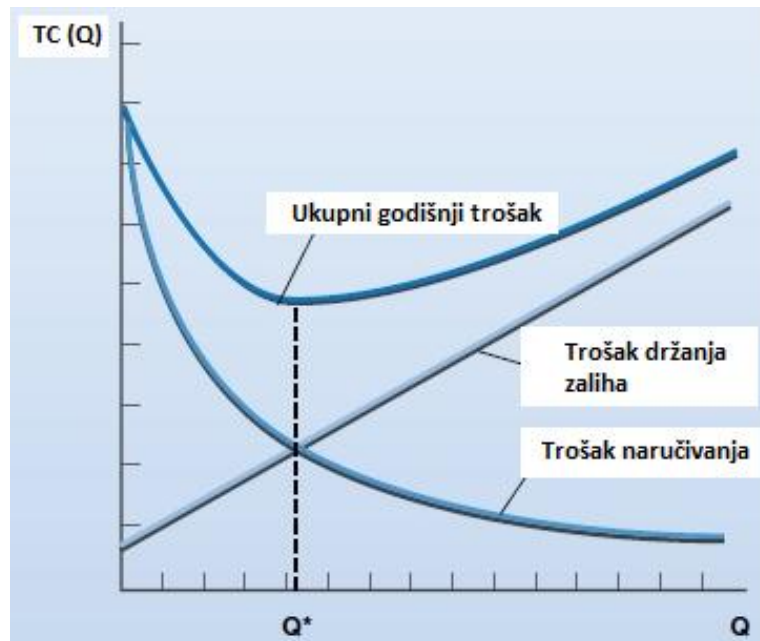
$TC$  - ukupni godišnji trošak

$C_h$  - godišnji trošak držanja robe na zalihama

$C_o$  - jedinični trošak nabave

$Q$  - ekonomska količina nabave

Kretanje ukupnih godišnjih troškova prikazani su slikom 5.



**Slika 5.** Kretanje ukupnih troškova, [20]

Na slici 5 javlja se nova varijabla  $Q^*$  koja predstavlja optimalnu količinu nabave uz minimalne godišnje troškove TC. To je točka u kojoj su trošak držanja zalihe i trošak naručivanja jednaki. Izraz za optimalnu ekonomsku količinu nabave glasi:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_h}} \quad (9)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

$D$  = godišnja potražnja

$C_h$  = godišnji trošak držanja robe na zalihama

$C_o$  = jedinični trošak nabave

$Q$  = ekonomska količina nabave

Osim potrebne količine potrebno je odrediti trenutak ponovne nabave koji određuje broj ciklusa  $T$ :

$$T = \frac{Q}{D} \text{ (u godinama)} \quad (10)$$

iz čega proizlazi godišnji broj narudžbi  $N$ :

$$N = \frac{D}{Q} = \frac{1}{T} \quad (11)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

$D$  - godišnja potražnja

$Q$  - ekonomska količina nabave

$T$  - interval nabave / vrijeme ciklusa

Potrebno je definirati točku ponovne nabave  $R$ :

$$R = L * D \quad (12)$$

gdje je:

$L$  – vrijeme isporuke

$D$  – godišnja potražnja.

Prethodno prikazani primjer baziran je na modelu s nepromjenjivom i unaprijed poznatom potražnjom.

U stvarnosti potražnja i vrijeme isporuke variraju s vremenom te je stoga potrebno održavati sigurnosnu zalihu kako bi se zadržala određena razine zaštite od nedostatka naručenih proizvoda.

Sigurnosna zaliha može biti definirana kao određena količina robe na zalihama za udovoljavanje potreba u slučaju povećane potražnje. Kod normalne distribucije nju predstavlja srednja vrijednost. Na razinu sigurnosne zalihe utječe velik broj kriterija pa stoga svaka tvrtka odabire one koje im najviše odgovaraju u poslovanju. Prilikom određivanja sigurnosne zaliha često se koristi model vjerojatnosti. U slučaju da je potražnja normalno distribuirana tijekom određenog perioda s srednjom vrijednosti i standardnom devijacijom vrlo je lako odrediti sigurnosnu zalihu.

Kontinuirani sustav sa sigurnosnom zalihom neprestano nadzire razinu zaliha te kreira novu narudžbu kada razina zaliha dostigne točku ponovne nabave. Opasnost od nedostatka zaliha kod ovog modela moguće je samo tijekom vremena isporuke, odnosno između vremena kada se narudžba naruči i kada je naručena roba zaprimljena na zalihe.

Veličina sigurnosne zalihe ovisi o razini usluge koja želi biti održavana. Glavna razlika između Q-modela s poznatom potražnjom i neizvjesnom potražnjom je u izračunavanju i postavljanju točke ponovne nabave  $R$ . Element neizvjesnosti uzet je u obzir prilikom izračuna sigurnosne zalihe. Točka ponovne nabave prikazana je izrazom:

$$R = L * D + SS \quad (13)$$

gdje oznake sljedeće značenje:

$D$  - godišnja potražnja

$L$  - vrijeme isporuke

$SS$  – sigurnosna zaliha

gdje je  $R$  točka ponovne nabave,  $D$  godišnja potražnja,  $L$  vrijeme isporuke u godinama,  $SS$  sigurnosna zaliha.

Ukupni godišnji trošak s uključenom sigurnosnom zalihom dan je izlazom:

$$TC(Q) = \frac{Q}{2} C_h + \frac{D}{Q} C_o + DC + C_h SS \quad (14)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

$TC$  - ukupni godišnji trošak

$D$  - godišnja potražnja

$C$  - jedinična cijena proizvoda

$Ch$  - godišnji trošak držanja robe na zalihama

$Co$  - jedinični trošak nabave

$Q$  - ekonomska količina nabave

$SS$  – sigurnosna zaliha

Definiranje razine sigurnosne zalihe često se bazira na definiranoj razini usluge koja može biti na bazi ciklusa ili po jedinici.

#### **5.2.2.1. Razina usluge na bazi ciklusa**

Nedostatak zaliha se javlja samo u slučajevima kada je vrijeme isporuke duže od vremena ponovne nabave. Ukoliko su poznata vremena nabave, statističkom analizom može se odrediti razina usluge koja odgovara definiranoj točki nabave ili količini sigurnosnih zaliha.

U većini slučajeva, dugoročna potražnja može se smatrati konstantnom te se može modelirati pomoću funkcije standardne razdiobe sa procijenjenom srednjom vrijednosti  $\mu_L = L * D$  i standardnom devijacijom  $\sigma_L$ . Prema statističkom proračunu možemo zaključiti da razina usluge s vjerojatnošću  $\alpha$  je definirana izrazom  $\mu_L + z_\alpha \sigma_L$ .  $z_\alpha$  odgovara vrijednosti  $z$  iz standardne razdiobe kod vjerojatnosti  $\alpha$ . S obzirom da razine usluge s vjerojatnošću  $1 - \alpha$  odgovara vjerojatnosti za nedostatak zaliha, točka ponovne nabave jednaka je  $\mu_L + z_\alpha \sigma_L$ . Sigurnosna zaliha  $SS$  odgovara izrazu  $z_\alpha \sigma_L$  [20].

$$R = L * D + SS = \mu_L + z_\alpha \sigma_L \quad (15)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

$D$  - godišnja potražnja

$L$  - vrijeme isporuke

$SS$  – sigurnosna zaliha

#### **5.2.2.2. Razina usluge po jedinici**

Određivanje točke ponovne nabave koja odgovara željenoj razini usluge po jedinici kompliciranije je od njenog određivanja na bazi ciklusa. Kada vrijeme nabave  $L$  prati standardnu razdiobu sa srednjom vrijednošću  $\mu$  i standardnom devijacijom  $\sigma$  točka ponovne nabave i razina sigurnosne zalihe može se odrediti pomoću sljedeća tri koraka [20].

1. Definiranje vrijednosti  $z$  koja odgovara izrazu:

$$L(z) = \frac{(1 - \text{razina usluge})Q^*}{\sigma_L} = \frac{\alpha Q^*}{\sigma_L} \quad (16)$$

2. Određivanje točke ponovne nabave koristeći formulu:

$$R = \mu_L + z\sigma_L \quad (17)$$

3. Sigurnosna zaliha je definirana izrazom:

$$SS = z\sigma_L \quad (18)$$

## 6. PRIMJER IZRAČUNA

Tvrtka Elektro d.o.o. distributer je elektrotehničkih uređaja kao što su elektromotori, sklopke, osigurači i slično.

Elektro d.o.o. šalje narudžbu svom veletrgovcu od 300 komada specijalnih elektromotora za ventilatore kada im zaliha padne na 240 komada.

Trošak naručivanja koji se sastoji od troška kreiranja narudžbe i troška provjere vremena dolaska robe je fiksni i iznosi 500 kn po narudžbi.

Nabavna cijena elektromotora je 2 000 kn i prodaje se po cijeni od 2 400 kn. Kapital za nabavku elektromotora dobiven je zajmom od banke po godišnjoj kamatnoj stopi od 5 % nabavne cijene elektromotora. Troškovi skladištenja i nepredviđeni troškovi su 3 %. Ukupni godišnji trošak posjedovanja elektromotora je 8 % nabavne cijene elektromotora.

Vrijeme nabave elektromotora je u prosjeku 15 radnih dana.

U nastavku zadatka prikazana je tjedna prodaja elektromotora u zadnjem kvartalu prošle godine.

**Tablica 1.** Tjedna prodaja elektromotora u zadnjem kvartalu prošle godine

Tjedan	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Prodaja	78	87	78	72	72	75	75	78	75	78	81	87	78

Uprava tvrtke želi utvrditi politiku optimalne nabavke elektromotora te odrediti pri kojoj razini usluge u ciklusu sad posluje. Ako povećaju razinu usluge na 99 % koliko će sigurnosnih zaliha morati držati na stanju.



Da bi se zadani zadatak riješio pomoću Excela bilo je potrebno prilagoditi ulazne podatke pa u cilju rada s istim periodima negdje su veličine izražene u danima, tjedna i godinama i na tim mjestima je potrebno paziti da ne dođe do zabune prilikom korištenja. Program je podijeljen u dva *worksheets* o kojih prvi odgovara rješavanju cjelokupnog problema i rađen je prema razini usluge na bazi ciklusa dok je drugi daje izračun točke ponovne nabave i količine sigurnosne zalihe za razinu usluge po jedinici.

Podatke koje je potrebno unijeti ručno nalaze se u žuto označenim ćelijama, a one zeleno označene se ne diraju jer one kao odgovor na ulazne vrijednosti automatski daju potrebne izlazne. Slike preuzete iz Excel file-a koncipirane su na način da su označeni stupci i redci kako bi se mogla tumačiti Excel formula koja je prikazana kao dio slike.

Na samom početku se zadaje vrijeme isporuke, jedinična cijena proizvoda, godišnja stopa držanja robe na zalihama i jedinični trošak nabave. Sve to je definirano u zadatku pa je omogućen vrlo jednostavan unos.

**Tablica 2.** Ulazni podaci računskog primjera Elektro d.o.o.

A	B	C	Excel formula
2	Ulazni podaci	Vrijednost	
3	Vrijeme isporuke (u radnim danima), L	15,00	
4	Vrijeme isporuke (u tjednima), L	3,0000	C3/5
5	Vrijeme isporuke (u godinama), L	0,0577	C3/260
6	Srednja vrijednost, $\mu$	78	AVERAGE(C47:C59)
7	Srednja vrijednost u vremenu isporuke, $\mu_L$	234	C6*C4
8	Kvadrat standardne devijacije, $\sigma^2$	22,50	POWER(STDEV(C47:C59);2)
9	Kvadrat standardne devijacije u vremenu isporuke, $\sigma_L^2$	67,50	C8*C4
10	Standardna devijacija u vremenu isporuke, $\sigma_L$	8,22	SQRT(C9)
11	Standardna devijacija, $\sigma$	4,74	SQRT(C8)
12	Godišnja potražnja, D	4056	C6*52
13	Jedinična cijena proizvoda, C	2000,00	
14	Godišnja stopa držanja robe na zalihama, H	8,00%	
15	Godišnji trošak držanje robe na zalihama, $C_h$	160,00	C13*C14
16	Jedinični trošak nabave, $C_0$	150,00	

Prvi dio razrade zadatka se sastoji u analizi postojeće politike nabave koja nam daje da za ponovnu nabavu za 240 komada razina usluge na bazi ciklusa (CSL) iznosi 76,74 %, a sigurnosna zaliha 6 komada. Mali broj zalihe odgovara poprilično niskoj razini usluge kao što je i vidljivo.

**Tablica 3.** Analiza postojeće politike nabave

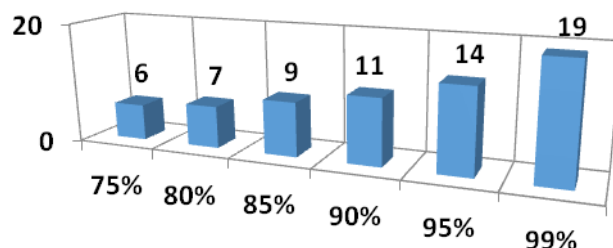
A	B	C	Excel formula
18	<b>Analiza postojeće politike nabave</b>		
19	Točka ponovne nabave, R	240,00	
20	z	0,73	(C19-C7)/C10
21	Razina usluge na bazi ciklusa, CSL	76,74%	NORMDIST(C19;C7;C10;TRUE)
22	Sigurnosna zaliha, SS	6,00	C19-C7

Obzirom da Elektro d.o.o. želi razinu usluge povećati na 99 % sljedeći dio zadatka za zadanu razinu računa točku ponovne nabave i količinu sigurnosne zalihe koja za skok sa 76,74 % (tablica 3) na 99 % (tablica 4.) zahtjeva povećanje sigurnosne zalihe sa 6 na 19 komada.

**Tablica 4.** Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa

A	B	C	Excel formula
24	<b>Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa</b>		
25	Zadana razina usluge na bazi ciklusa, CSL	99%	
26	Točka ponovne nabave, R(99%)	253	NORMINV(C25;C7;C10)
27	Sigurnosna zaliha, SS(99%)	19	C26-C7

Prethodni dio rješenja zadatka pomoću Excela prema tablici 4. možemo iskoristiti za uvid kako promjena razine usluge utječe na potrebnu količinu sigurnosne zalihe. Baš to nam prikazuje graf 1. za šest različitih razina usluge.



**Graf 1.** Razina sigurnosne zalihe u ovisnosti razine usluge Elektro d.o.o.

Dalje nas svakako zanima koja je za naš slučaj optimalna ekonomska količina nabave  $Q^*$  i koju razinu usluge pri tom imamo te kolika je točka ponovne nabave uz koliku sigurnosnu zalihu.

Primjećuje se da sada razina usluge 97,85 %, dok je  $R = 251$ , a  $SS = 17$  komada kako je i vidljivo u tablici 5.

**Tablica 5.** Određivanje točke ponovne nabave za optimalnu količinu nabave

A	B	C	Excel formula
29	<b>Određivanje točke ponovne nabave za optimalnu količinu nabave</b>		
30	Ekonomska količina nabave, $Q^*$	87	$SQRT(2 \cdot C12 \cdot C16 / C15)$
31	Broj ciklusa u godini, T	0,0215	$C30 / C12$
32	Broj narudžbi u godini, N	47	$1 / C31$
33	Razina usluge na bazi ciklusa, CSL	97,85%	$1 - C31$
34	Točka ponovne nabave za $Q^*$ , $R(97,8499346370194\%)$	251	$NORMINV(C33; C7; C10)$
35	Sigurnosna zaliha, $SS(97,8499346370194\%)$	17	$C34 - C7$

Unutar zadatka određeno je da Elektro d.o.o. svaki puta kada zaliha padne na 240 naručuje 300 elektromotora. To predstavlja trenutnu situaciju u tvrtki i daje godišnji trošak od 8.138.028,00 kn.

**Tablica 6.** Analiza troškova za zadanu količinu nabave

A	B	C	Excel formula
37	<b>Analiza troškova za zadanu količinu nabave</b>		
38	Količina nabave, Q	300,00	
39	Broj ciklusa u godini, $T = Q / D$	0,0740	$C38 / C12$
40	Broj narudžbi u godini, $N = 1 / T$	13,5200	$1 / C39$
41	Točka ponovne nabave, R	246	$IF(AND(\$C\$3="", \$C\$22=""); "", \$C\$3 * \$C\$12 + \$C\$22 -$
42	Godišnji varijabilni trošak, $TV(Q) = (Q / 2) \cdot Ch + (D / Q) \cdot C$	26.028,00 kn	$(C38 / 2) \cdot C15 + (C12 / C38) \cdot C16$
43	Ukupni godišnji trošak, $TC(Q) = (Q / 2) \cdot Ch + (D / Q) \cdot C$	8.138.028,00 kn	$(C38 / 2) \cdot C15 + (C12 / C38) \cdot C16 + C12 \cdot C13$

U nastavku je tablica 7. koja daje podatke točke ponovne nabavke i sigurnosne zalihe za razinu usluge po jedinici. Prvo su prikazani ulazni podaci, a zatim željeni izlazni. Tablica 8. prikazuju podatke za 99 % razine usluge koja je već analizirana i za razinu usluge po bazi ciklusa.

**Tablica 7.** Ulazni podaci za račun razine usluge po jedinici

A	B	C
3	Ulazni podaci	Vrijednost
4	Srednja vrijednost, $\mu$	78
5	Standardna devijacija, $\sigma$	4,74
6	Ekonomska količina nabave, $Q^*$	87
7	Zadana razina usluge po jedinici, USL	99%

**Tablica 8.** Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge po jedinici

A	B	C	Excel formula
9	<b>Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razine usluge po jedinici</b>		
10	Točka ponovne nabave, $R(99\%)$	81	$C4 + VLOOKUP((1 - C7) * C6 / C5; H4:I604; 2) * C5$
11	Sigurnosna zaliha, $SS(99\%)$	3	$C10 - C4$

Nakon ovog računa možemo usporediti te dvije vrste razine usluga. Može se vidjeti da je razlika zbilja značajna. Dok je za 99 % usluge točka ponovne nabave na bazi ciklusa kod 253 komada, po jedinici ona iznosi samo 81 komad. U slučaju sigurnosne zalihe 19 elektromotora u slučaju razine usluge po jedinici postaju samo 3 za slučaj sigurnosti.

Kako bi osmišljeni proračun dodatno iskoristili radimo proširenje zadatka. Naime elektromotore koje tvrtka Elektro d.o.o. potražuje potrebno je proizvesti. Proizvođač elektromotora je tvrtka Elektropro d.d. koja za proizvodnju koristi lak

bakrenu žicu kao najvrjedniju komponentu u složenom procesu nastanka gotovog proizvoda. S obzirom da cijeli lanac zbog jednostavnijeg praćenja radi zapise na tjednoj bazi i u ovom slučaju može se iskoristiti prethodno napravljeni proračun. Ovog puta smo u odjelu nabave jedne proizvodne tvrtke pa da vidimo što se tu dešava.

Slučaj je sljedeći. Elektropro d.d. šalje narudžbu dobavljaču od 400 kilograma lak bakrene žice za proizvodnju elektromotora za ventilatore kada im zaliha padne na 400 kilograma. Odlučeno je tako od strane uprave tvrtke kako bi se zbog visoke cijene bakra po njihovom mišljenju optimizirali troškovi. Da li je to uistinu tako?

Trošak naručivanja koji se sastoji od troška kreiranja narudžbe je fiksni i iznosi 10 kn po narudžbi.

Nabavna cijena bakrene lak žice je 50 kn. Troškovi skladištenja i nepredviđeni troškovi su 5 % što čini ukupni godišnji trošak posjedovanja žice.

Vrijeme nabave elektromotora je u prosjeku 10 radnih dana.

Žica se naručuje u kilogramima s tim da jedno pakiranje ima oko 20 kg, a minimalna količina narudžbe je 200 kg. Proizvođač zadržava pravo variranja količine pakiranja  $\pm 10\%$ .

U nastavku zadatka je tablicom 9. prikazana tjedna potreba žice u zadnjem kvartalu prošle godine.

**Tablica 9.** Tjedna potreba žice u zadnjem kvartalu za Elektropro d.d.

Tjedan	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Potreba	212	202	180	195	205	200	212	191	225	216	169	188	203

Uprava tvrtke želi utvrditi da li je prethodno donesena politika optimalna te odrediti pri kojoj razini usluge u ciklusu sad posluje. Što će se dešavati sa sigurnosnom zalihom ukoliko povećaju razinu usluge?

**Tablica 10.** Pregled ulaznih podataka

A	B	C	Excel formula
2	<b>Ulazni podaci</b>	<b>Vrijednost</b>	
3	Vrijeme isporuke (u radnim danima), L	10,00	
4	Vrijeme isporuke (u tjednima), L	2,0000	C3/5
5	Vrijeme isporuke (u godinama), L	0,0385	C3/260
6	Srednja vrijednost, $\mu$	200	AVERAGE(C47:C59)
7	Srednja vrijednost u vremenu isporuke, $\mu_L$	400	C6*C4
8	Kvadrat standardne devijacije, $\sigma^2$	234,81	POWER(STDEV(C47:C59);2)
9	Kvadrat standardne devijacije u vremenu isporuke, $\sigma_L^2$	469,62	C8*C4
10	Standardna devijacija u vremenu isporuke, $\sigma_L$	21,67	SQRT(C9)
11	Standardna devijacija, $\sigma$	15,32	SQRT(C8)
12	Godišnja potražnja, D	10392	C6*52
13	Jedinična cijena proizvoda, C	50,00	
14	Godišnja stopa držanja robe na zalihama, H	5,00%	
15	Godišnji trošak držanje robe na zalihama, $C_h$	2,50	C13*C14
16	Jedinični trošak nabave, $C_0$	10,00	

**Tablica 11.** Analiza postojeće politike nabave

A	B	C	Excel formula
18	<b>Analiza postojeće politike nabave</b>		
19	Točka ponovne nabave, R	400,00	
20	z	0,01	(C19-C7)/C10
21	Razina usluge na bazi ciklusa, CSL	50,57%	NORMDIST(C19;C7;C10;TRUE)
22	Sigurnosna zaliha, SS	0,31	C19-C7

**Tablica 12.** Određivanje točke R i sigurnosne zalihe za razine usluga 60, 70, 80, 90, 95 i 99 %

A	B	C	Excel formula
24	<b>Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa</b>		
25	Zadana razina usluge na bazi ciklusa, CSL	60%	
26	Točka ponovne nabave, R(60%)	405	NORMINV(C25;C7;C10)
27	Sigurnosna zaliha, SS(60%)	5	C26-C7

A	B	C	Excel formula
24	<b>Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa</b>		
25	Zadana razina usluge na bazi ciklusa, CSL	70%	
26	Točka ponovne nabave, R(70%)	411	NORMINV(C25;C7;C10)
27	Sigurnosna zaliha, SS(70%)	11	C26-C7

A	B	C	Excel formula
24	<b>Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa</b>		
25	Zadana razina usluge na bazi ciklusa, CSL	80%	
26	Točka ponovne nabave, R(80%)	418	NORMINV(C25;C7;C10)
27	Sigurnosna zaliha, SS(80%)	18	C26-C7

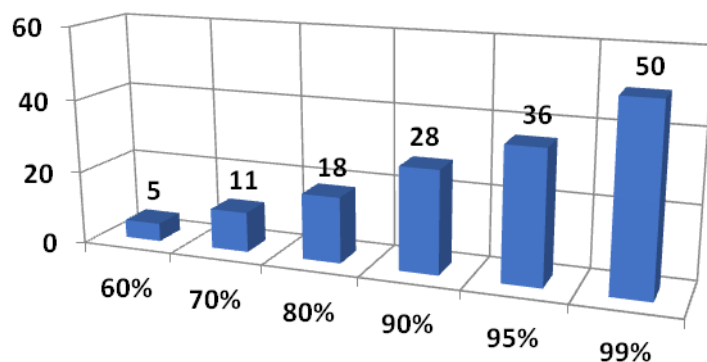
A	B	C	Excel formula
24	<b>Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa</b>		
25	Zadana razina usluge na bazi ciklusa, CSL	90%	
26	Točka ponovne nabave, R(90%)	427	NORMINV(C25;C7;C10)
27	Sigurnosna zaliha, SS(90%)	28	C26-C7

A	B	C	Excel formula
24	<b>Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa</b>		
25	Zadana razina usluge na bazi ciklusa, CSL	95%	
26	Točka ponovne nabave, R(95%)	435	NORMINV(C25;C7;C10)
27	Sigurnosna zaliha, SS(95%)	36	C26-C7

A	B	C	Excel formula
24	<b>Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa</b>		
25	Zadana razina usluge na bazi ciklusa, CSL	99%	
26	Točka ponovne nabave, R(99%)	450	NORMINV(C25;C7;C10)
27	Sigurnosna zaliha, SS(99%)	50	C26-C7



**Graf 2.** Razina sigurnosne zalihe u ovisnosti razine usluge Elektropro d.o.o.

Već samim čitanjem zadatka možda ste došli do zaključka kako se odluka uprave ne čini nimalo realna i da uključuje ogroman rizik za gotovost proizvoda na dinamičnom tržištu kakvo je danas. Graf 2. prikazuje gibanje sigurnosne zalihe s promjenom razine usluge prikazanih računski tablicom 12. Želite li sigurnost i visoku razinu usluge svakako se mora računati na punija skladišta i veće popratne troškove.

A što je zapravo u ovom slučaju optimalno?

**Tablica 13.** Određivanje točke ponovne nabave za  $Q^*$

A	B	C	Excel formula
29	<b>Određivanje točke ponovne nabave za optimalnu količinu nabave</b>		
30	Ekonomska količina nabave, $Q^*$	288	$SQRT(2 \cdot C12 \cdot C16 / C15)$
31	Broj ciklusa u godini, T	0,0277	$C30 / C12$
32	Broj narudžbi u godini, N	36	$1 / C31$
33	Razina usluge na bazi ciklusa, CSL	97,23%	$1 - C31$
34	Točka ponovne nabave za $Q^*$ , $R(97,2254316719107\%)$	441	$NORMINV(C33; C7; C10)$
35	Sigurnosna zaliha, $SS(97,2254316719107\%)$	41	$C34 - C7$

Izračun prema tablici 13. kaže da ekonomska količina nabave, optimalna, iznosi 288 kilograma žice. Ako uzmemo u obzir pakiranje možemo reći da se ide s narudžbom od 300 kilograma pri točki ponovne nabave na 441 kilogram zaliha i pri tom je sigurnosna zaliha 41 kilogram. U tom slučaju je razina usluge na bazi ciklusa 97,23%.



## ZAKLJUČAK

Nekada su skladišta služila za spremanje, skladištenje robe koja je tamo stajala duži period- zalihe, potražnje za njom nije bilo. U današnje vrijeme skladište služi jednako tako i za premošćivanje potražnje.

Zalihe su složena ekonomska kategorija koja se pojavljuje u različitim oblicima sredstava. Ranije je većina proizvodnih i trgovinskih poduzeća mogla ostvariti dobit usprkos neefikasnoj kontroli zaliha. Danas to nije slučaj jer većina organizacija posluje sa malom stopom dobiti koja se može neutralizirati, poslovanje bez profita, ukoliko se zalihe ne kontroliraju po određenim propisima. Problemu praćenja zaliha mora se posvetiti veliki značaj.

Držanje zaliha stvara dodatan trošak robe jer je potrebno osigurati adekvatan prostor, ovisno o robi koja se skladišti i opremu za skladištenje. Uoči čestog transportiranja podložna je raznim oštećenjima (kvar, lom, oštećenje ambalaže) i veoma brzo mogu zastarjeti. Za njihovo držanje i održavanje potrebna su dodatna sredstva. Usprkos tome, skoro sva poduzeća ih drže, a razlog tome je to što ma koliko držanje zaliha skupo bilo, ipak je jeftinije nego poslovati bez zaliha. Velika konkurencija poduzeća i proizvoda mogu dovesti do negativnog rezultata poslovanja poduzeća bez zalihe.

Nepredvidljiva potražnja zahtjeva količinu sigurnosne zalihe kako bi se pokrili nedostaci. Koristeći normalnu distribuciju, nepredvidljiva potražnja se može predvidjeti ili barem uzeti u obzir.

Kroz izračun zadatka može se dobiti jasnija slika kretanja zaliha. On pokazuje utjecaj postotka razine usluge, ali i odabir vrste. Vidljivo je što se dešava s točkom ponovne nabave, s količinom nabave i razinom sigurnosne zalihe

Vidljivo je kako različiti načini postavljanja zaliha omogućuje fleksibilnost u poslovanju kako bi se tvrtka lakše nosila sa različitom potražnjom na tržištu, odnosno kako bi se izvukla najveća moguća dobit tijekom poslovanja.

## POPIS KRATICA

MRP	(Materials requirement planing) zahtjev planiranja materijala
DRP	(Distribution requirements planing) zahtjev planiranja distribucije
JIT	(Just in time) točno na vrijeme
EOQ	(Economic order quantity) ekonomska količina naručivanja

## LITERATURA

- [1] URL: <http://web.efzg.hr/dok/TRG/11.nastavna%20cjelina.pdf>
- [2] URL: [http://www.columbia.edu/~gmg2/4000/pdf/lect\\_06.pdf](http://www.columbia.edu/~gmg2/4000/pdf/lect_06.pdf)
- [3] URL: <http://searchmanufacturingerp.techtarget.com>
- [4] Pavlek, Z., Upravljanje dobavljačkim lancem, Suvremena trgovina br. 1, 2004.
- [5] URL: [http://web.efzg.hr/dok/TRG/bknezevic/isut%202013/isut%20\(2\).pdf](http://web.efzg.hr/dok/TRG/bknezevic/isut%202013/isut%20(2).pdf)
- [6] URL: <http://www.skladistenje.com/wp-content/uploads/2013/07>
- [7] URL: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/P/Planiranje\\_logistickih\\_procesa](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/P/Planiranje_logistickih_procesa)
- [8] URL: <http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.LMPP/149-2013.pdf>, srpanj 2016.
- [9] Chopra, S., Meindl, P.: Supply Chain Management, p. 8, Pearson Education Inc., New Jersey, 2004.
- [10] URL: <https://www.scribd.com/document/235201017/Just-in-Time-Seminar>
- [11] URL: <http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/kel/attachments/article>, srpanj 2016
- [12] URL: <http://web.efzg.hr/dok/KID//Trade%20Perspectives%202013.pdf>
- [13] URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=15460>
- [14] URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=49797>
- [15] URL: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje\\_zalihama\\_\(1\)\\_DBozic.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje_zalihama_(1)_DBozic.pdf)
- [16] URL: <http://web.efzg.hr/dok//trg/bknezevic/mnab2012/mnab2012sem03kc.pdf>
- [17] URL: [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje\\_zalihama\(1\)\\_vjezbe\\_4.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje_zalihama(1)_vjezbe_4.pdf)
- [18] URL: <http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/kel/attachments/article/135>
- [19] URL: <https://www.scribd.com/document/239574925/Nastava-01-Zalihe>
- [20] Lawrence, Pasternack: Applied Management Science: Modeling, Spreadsheet Analysis, and Communication for Decision Making, 2nd Edition, 2012, srpanj 2016
- [21] Jacobs, R.F.: Operations and Supply Chain Management, Indiana University, University of Southern California, 2013

## POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> Faze opskrbnog lanca, [8] .....	6
<b>Slika 2.</b> Vrste zaliha .....	12
<b>Slika 3.</b> P-model - Kretanje zaliha, [11] .....	20
<b>Slika 4.</b> Q-model – kretanje zaliha, [11].....	21
<b>Slika 5.</b> Kretanje ukupnih troškova, [20] .....	23

## POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> Tjedna prodaja elektromotora u zadnjem kvartalu prošle godine .....	28
<b>Tablica 2.</b> Ulazni podaci računskog primjera Elektro d.o.o. ....	29
<b>Tablica 3.</b> Analiza postojeće politike nabave .....	30
<b>Tablica 4.</b> Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge na bazi ciklusa.....	30
<b>Tablica 5.</b> Određivanje točke ponovne nabave za optimalnu količinu nabave .....	31
<b>Tablica 6.</b> Analiza troškova za zadanu količinu nabave .....	31
<b>Tablica 7.</b> Ulazni podaci za račun razine usluge po jedinici .....	32
<b>Tablica 8.</b> Određivanje točke ponovne nabave za zadanu razinu usluge po jedinici	32
<b>Tablica 9.</b> Tjedna potreba žice u zadnjem kvartalu za Elektropro d.d. ....	33
<b>Tablica 10.</b> Pregled ulaznih podataka .....	34
<b>Tablica 11.</b> Analiza postojeće politike nabave .....	34
<b>Tablica 12.</b> Određivanje točke R i sigurnosne zalihe za razine usluga 60, 70, 80, 90, 95 i 99 %.....	34
<b>Tablica 13.</b> Određivanje točke ponovne nabave za $Q^*$ .....	36

## POPIS GRAFOVA

<b>Graf 1.</b> Razina sigurnosne zalihe u ovisnosti razine usluge Elektro d.o.o. ....	31
<b>Graf 2.</b> Razina sigurnosne zalihe u ovisnosti razine usluge Elektropo d.o.o. ....	35